

ЛАЗЕРНАЯ СВАРКА ТИТАНОВОГО СПЛАВА ВТ1-0 И КОРРОЗИОННОСТОЙКОЙ СТАЛИ 12Х18Н10Т

Мичуров Н.С.

Доцент, д.т.н. Пугачева Н.Б.

ИМАШ УрО РАН, г. Екатеринбург.

n.michurov@gmail.com

Применение лазерной сварки вследствие особых физико-химических свойств титана (высокая активность к кислороду и водороду в расплавленном состоянии, низкие теплопроводность и теплоемкость, повышенное электрическое сопротивление) вызывает некоторые трудности. Опасным является образование холодных трещин, которые могут образоваться как сразу после сварки, так и в процессе хранения. Зачастую имеется необходимость сварного соединения титанового сплава и конструкционной стали, при этом возникает ряд технологических трудностей, обусловленных существенными различиями теплофизических свойств соединяемых материалов. Для получения качественных швов при сварке титанового сплава с нержавеющей сталью перспективным представляется использование некоторых промежуточных слоев, позволяющих сгладить различия между соединяемыми материалами.

Сварку листов толщиной 3 мм из титанового сплава ВТ1-0 и нержавеющей стали 12Х18Н10Т проводили с помощью углекислотного лазера. В качестве переходных материалов, участвующих в формировании сварного шва, использованы пластины из меди, никеля, нихрома, припоя ПСр 72 на основе серебра и меди, а для упрочнения медной прослойки – тантал. Методами оптической металлографии (микроскоп NEOPHOT 21), а также с помощью растрового электронного микроскопа TESCAN VEGA II XMU (Чехия), оснащенного системами энергодисперсионного микроанализа INCA ENERGY 450 с ADD, рентгеновского волнодисперсионного микроанализа INCA WAVE 700. Детектором фирмы OXFORD (Великобритания) и программным обеспечением INCA исследованы микроструктура, распределение элементов, локальный химический состав материала сварных швов и прилегающих к ним диффузионных зон. Фазовый состав сварных швов определяли с поверхности поперечных шлифов на рентгеновском дифрактометре Shimadzu в k_α излучении хрома. Измерения микротвердости по сварному шву проведены на приборе LEICA VMHT AUTO (Германия) при нагрузках от 10 до 50 г. Испытания на статическое растяжение проводилось на сервогидравлической испытательной машине INSTRON 8801.

Во всех сварных швах обнаружено интенсивное диффузионное взаимодействие соединяемых материалов с дополнительными прослойками. При использовании медной пластины в качестве

промежуточного слоя на границе с нержавеющей сталью и титановым сплавом образуются диффузионные зоны, которые способствуют плавному перераспределению свойств между соединенными материалами. Через расплав происходит диффузионное перераспределение титана до нержавеющей стали, и железа – до титанового сплава. Локальный химический анализ показал, что диффузионная зона на границе с титаном образовалась, главным образом, за счет растворения меди в титане, а на границе с нержавеющей сталью диффузионная зона представляет собой твердый раствор меди и титана в железе.

Наиболее однородные по химическому составу швы образуются при использовании пропановой горелки (рисунок а), значения микротвердости такого шва – около 350 HV 0,05. Стандартные режимы лазерной сварки приводят к формированию более неоднородных по химическому и фазовому составу швов, имеющих крупные, порядка 0,4 мм, зерна твердого раствора на основе меди микротвердостью 200 HV 0,05 (рисунок б) и интерметаллиды $TiCu_3$ и $TiFe_2$ с микротвердостью 700 HV 0,05. Временное сопротивление шва с мелкодисперсной структурой составило 455 МПа, что на 26 % выше по сравнению с крупнозернистыми ($\sigma_B=335$ МПа).

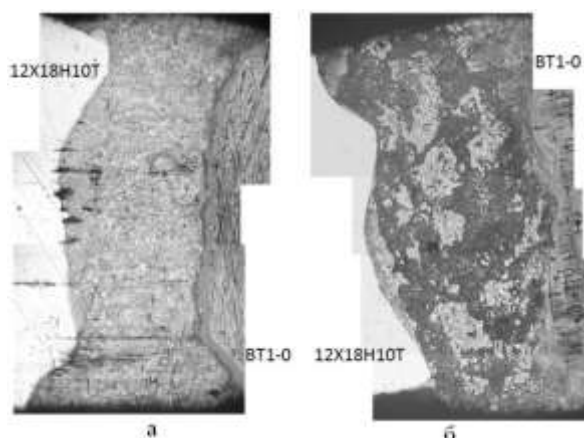


Рисунок – Микроструктура сварных швов с промежуточной медной пластиной: а – мелкодисперсная и б – крупнозернистая

Введением в сварочную ванну специально подготовленного мелкодисперсного порошка, содержащего TiN , Y_2O_3 и Cr , можно добиться дополнительного упрочнения неразъемного соединения. В результате формируется мелкодисперсная глобулярная структура сварного шва, характеризующаяся равномерным распределением микротвердости и повышенной прочностью. Временное сопротивление сварного шва составило 375 МПа (на 15 % выше, чем у соединения без нанопорошков).

Использование ПСр 72 в качестве переходного слоя позволяет получить максимально однородный по химическому составу и структуре, мелкодисперстный по строению сварной шов толщиной всего 0,6 мм.

Основу составляет твердый раствор цинка, меди и титана в серебре, в котором выделились дисперсные интерметаллиды Ti_2Cu_3 , $TiCu_3$, $TiNi_3$, $TiNi$, $TiCr_2$, $TiFe_2$, $TiAg$, оказывающие упрочняющее влияние в зоне сварного шва. Значения микротвердости в середине шва около 300 HV 0,05, диффузионной зоны на границе с титановым сплавом – 600 HV 0,05, диффузионной зоны на границе с нержавеющей сталью – 550 HV 0,05. Значения временного сопротивления на 5 – 10 % выше по сравнению со швом с медной пластиной.

Применение вставок из нихрома, тантала и никеля малоэффективно вследствие того, что они не растворяются полностью в сварочной ванне. В результате на границе нихром-титан образовалась трещина, а в случае танталовой сварки разрушение при испытании на растяжение произошло по границе со сварным швом. При испытаниях на растяжение образец с танталовой вставкой порвался по этой зоне, временное сопротивление составило всего 215 МПа, что на 35 % ниже по сравнению со швом, полученным при использовании только медной пластины, с крупнозернистой структурой, представленным на рисунке б.

Проведенные исследования показали перспективность использования для лазерной сварки трудно свариваемых материалов - титановых сплавов с нержавеющей сталью - медных пластин и припоя на основе серебра и меди. Отмечено интенсивное диффузионное взаимодействие соединяемых материалов и прослойки, обеспечивающее плавное изменение микротвердости по ширине сварного шва, а также прочное соединение листов. Дисперсные частицы интерметаллидов оказывают упрочняющее действие.

Работа выполнена при поддержке совместного проекта № 12-С-1-1026 «Создание научно-технологических основ применения лазерного излучения при сварке разнородных металлов и сплавов», выполняемого в ИМАШ УрО РАН (г. Екатеринбург) и ИТПМ им. С.А. Христиановича СО РАН (г. Новосибирск).

Список литературы

1. Григорьянц, А.Г. Лазерная техника и технология. В 7 кн. Кн. 5. Лазерная сварка металлов / А.Г. Григорьянц, И.Н. Шиганов; Под ред. А.Г. Григорьянца. – М.: Высшая шк., 1988. – 207 с.
2. Шоршоров М.Х. Металловедение сварки стали и сплавов титана. / М.Х. Шорохов - М.: Наука, 1965. – 336 с.
3. Пугачева, Н.Б. Прочность и структура неразъемных соединений титана и аустенитной стали, полученных лазерной сваркой с промежуточными слоями / Н.Б. Пугачева, С.В. Смирнов, Д.И. Вичужанин и др. // Деформация и разрушение материалов. 2012. № 7, с. 26 – 33.
4. Пугачева Н.Б., Структура сварных швов стали 12Х18Н10Т и титанового сплава ВТ1-0 с промежуточной медной пластиной после лазерного проплавления / Н.Б. Пугачева, Е.Б. Трушина, Е.И. Пугачева и др. // Вопросы материаловедения, 2013, № 1 (73), с. 166 – 174.